

Optical tracking system for position and orientation of body in three-dimensional space

Publication number: DE19832296

Also published as:

Publication date: 1999-02-04

 CA2240776 (C)

Inventor: FAUL IVAN (US); DAHL RUSSEL (US); PASQUINI RONALD M (US)

Applicant: IMAGE GUIDED TECHNOLOGIES INC (US)

Classification:

- international: A61B19/00; A61B19/00; (IPC1-7): G01J1/42; A61B19/00

- european: A61B19/00R

Application number: DE19981032296 19980717

Priority number(s): US19970053216P 19970718

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19832296

The system has an electromagnetic beam radiator (LED chip) mounted on a ceramic support (1) that does not reflect the electromagnetic beam. A cap, which is transparent to the beam, is mounted on the support. The support and the cap form an enclosure for the beam radiator so that a conical beam is projected with a virtual midpoint in this enclosure. Wiring for the beam projector is fixed to points on the support that are no further from the centre point of the conical beam than the midpoint is.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 198 32 296 A 1

⑤ Int. Cl. 6:
G 01 J 1/42
A 61 B 19/00

DE 198 32 296 A 1

⑪ Aktenzeichen: 198 32 296.8
⑫ Anmeldetag: 17. 7. 98
⑬ Offenlegungstag: 4. 2. 99

<p>⑭ Unionspriorität: 053216 18. 07. 97 US</p> <p>⑮ Anmelder: Image Guided Technologies, Inc., Boulder, Col., US</p> <p>⑯ Vertreter: Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, Anwaltssozietät, 80538 München</p>	<p>⑰ Erfinder: Faul, Ivan, Boulder, Col., US; Dahl, Russel, Newbury Park, Calif., US; Pasquini, Ronald M., Boulder, Col., US</p>
--	--

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ④ Verbessertes optisches Spurverfolgungssystem
- ⑤ Eine Vorrichtung zur Ausstrahlung elektromagnetischer Strahlung besteht aus einer Ausstrahlungsvorrichtung der elektromagnetischen Strahlung; einer nicht reflektierenden Keramikstütze für die Ausstrahlungsvorrichtung; einer im wesentlichen transparenten Kuppel, die auf der Stütze montiert ist, um einen Raum zu bilden und einzuschließen, der die Ausstrahlungsvorrichtung aufnimmt; und Drähten, die an der Ausstrahlungsvorrichtung durch die Stütze befestigt sind. Die Kombination der nicht reflektierenden Stütze und der transparenten Kuppel, und der Ort der Ausstrahlungsvorrichtung im eingeschlossenen Raum gestattet es der Ausstrahlungsvorrichtung, elektromagnetische Strahlung in einem konischen Strahlungsmuster auszustrahlen. Das Strahlungsmuster scheint so, als habe es ein Zentrum. Dieses Zentrum scheint unabhängig vom Sichtwinkel stärker konstant als die scheinbare Position dieses Zentrums bei anderen Vorrichtungen.

DE 198 32 296 A 1

Beschreibung

Diese Erfindung bezieht sich auf ein System für das Lokalisieren und/oder die Spurverfolgung der Position und der Orientierung eines Körpers in einem dreidimensionalen Raum. Insbesondere bezieht sie sich auf die Verwendung einer verbesserten elektromagnetischen Strahlungsaussendungsvorrichtung als ein Mittel für die Verbesserung der Genauigkeit der Lokalisierung des Objektes im Raum und die Digitalisierung seiner Position und Orientierung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Es sind verschiedene Systeme bekannt, durch die Orte von Punkten im Raum identifiziert und digitalisiert werden können. Wenn diese Punkte auf einem Objekt angeordnet sind, und die Größe und die Form des Objektes vorbestimmt oder bekannt sind, so ist es möglich, die Position und die Orientierung des Objektes aus der Kenntnis der Orte dieser verschiedenen Punkte auf dem Objekt zu berechnen. In fortschrittenen Systemen kann die Position und die Ausrichtung einer Vielzahl von Objekten sowohl unabhängig bezüglich des dreidimensionalen Raumes, in dem sich jedes Objekt befindet, als auch bezüglich dem anderen Objekt oder den anderen Objekten bestimmt werden. Es ist sogar möglich, durch das häufige Abtasten der Orte von mindestens zwei Punkten auf einem Objekt, die Bewegung des Objektes, sowohl bezüglich des dreidimensionalen Raums als auch bezüglich der Position und Orientierung und sogar der Bewegung des anderen Objektes oder der anderen Objekte im selben Raum, zu verfolgen.

In einer Ausführungsform dieser bekannten Systeme werden eine Vielzahl von Aussendevorrichtungen für elektromagnetische Strahlung, wie beispielsweise Licht einer vorgegebenen Wellenlänge, auf der Oberfläche mindestens eines Objektes befestigt. Wenn man die absoluten Positionen und Ausrichtungen des zu bestimmenden Objektes wissen will, kann die Strahlung, die durch die Ausstrahlungsvorrichtungen ausgestrahlt wird, durch eine Vielzahl von Kameras oder anderen Empfängern bestimmt werden. Wenn man andererseits nur die Position und Orientierung der verschiedenen Objekte zueinander bestimmen will, so müssen die Kameras sich nicht an bekannten Positionen relativ zum dreidimensionalen Raum, in dem sie sich befinden, angeordnet sein, obwohl es bekannt sein muß, in welcher Beziehung sie zueinander stehen. Die Strahlung von den Ausstrahlungsvorrichtungen zu den Empfängern bildet gerade Linien, und die Winkel, die diese Strahllinien untereinander oder bezüglich vorbestimmter Referenzlinien beziehungsweise Referenzebenen bilden, können verwendet werden, um den Ort jeder Ausstrahlungsvorrichtung im Raum zu berechnen. Der Ort jeder Ausstrahlungsvorrichtung kann digitalisiert werden, und alle bestimmten Orte können verwendet werden, um die Position und die Orientierung des Objektes im Raum zu berechnen.

Es ist wünschenswert, Computer zu verwenden, um bei der Berechnung der geometrischen Beziehungen zu helfen, von denen die Orte der Ausstrahlungsvorrichtungen abgeleitet werden können. Somit werden die Ausgangssignale der Kamerasysteme, die verwendet werden, vorzugsweise an einen Digitalrechner gegeben, um die notwendigen Winkel und digitalisierten Punktquellorte zu berechnen, und um diese in die Position und die Orientierung des Objektes, auf dem sich die Ausstrahlungsvorrichtungen befinden, zu verwandeln. Die geometrischen Berechnungen und die Algorithmen, die diese Berechnungen steuern, bilden keinen Teil dieser Erfindung.

Die Genauigkeit der Bestimmung der Orte der Ausstrah-

lungsvorrichtungen ist in großem Maße eine Funktion der Stabilität des Ausstrahlungspunktes. Bei einer Form von Ausstrahlungsvorrichtungen, die mit großem Erfolg verwendet wurde, handelt es sich um eine Leuchtdiode, eine LED. In der Praxis waren die besten LEDs solche, die Licht im Infrarotspektrum abstrahlen. Da die hier diskutierte Meßvorrichtung eine große Anwendung in Operationsräumen von Krankenhäusern findet, hat die Verwendung von "unsichtbaren" Lichtstrahlen den Vorteil, daß sie den Chirurgen nicht von seiner Arbeit ablenkt. Licht mit Wellenlängen im sichtbaren Spektrum wird typischerweise durch optische Sensoren ausgefiltert, um die Überlagerung mit der "unsichtbaren" oder infraroten Strahlung zu vermindern.

Optische Ausstrahlungsvorrichtungen sind im allgemeinen in einer Vorrichtung untergebracht, die sie vom Schmutz oder anderen äußeren Einwirkungen schützt. Ein Teil dieses Schutzes wird im allgemeinen durch eine relative klare Kuppel über der Ausstrahlungsvorrichtung und eine Stütze (Kopf), die auf dem Objekt, auf dem die Ausstrahlungsvorrichtung ruht, befestigt ist, gebildet. Die Kuppel ist normalerweise auf der Stütze montiert, und die Ausstrahlungsvorrichtung (der LED-Chip) ist im allgemeinen zentral auf der Stütze unter der Kuppel angeordnet. Die Strahlung wird von der Ausstrahlungsvorrichtung im wesentlichen in alle Himmelsrichtungen abgegeben, von einer Richtung, die sich senkrecht zur Oberfläche, auf der die Ausstrahlungsvorrichtung befestigt ist, bis zu einer Richtung, die im wesentlichen parallel oder tangential zu dieser Oberfläche verläuft, erstreckt. So lange wie die Sichtlinie zwischen der Ausstrahlungsvorrichtung der Kamera sich der Tangente annähert, tendiert die Kuppel dazu, den Eindruck zu erwecken, daß sich der Ort des Zentrums der Ausstrahlungsvorrichtung durch die Brechung der Strahlung zu bewegen scheint. So mit "sieht" die Kamera die Ausstrahlungsvorrichtung an einem Ort, an dem sie sich nicht befindet. Während es wahr ist, daß die Verschiebung des scheinbaren Ortes der Ausstrahlungsvorrichtung gegenüber dem wirklichen Ort der Ausstrahlungsvorrichtung klein ist, kann die sich ergebende Systemgenauigkeit ziemlich beachtlich sein. Dies ist insbesondere zu berücksichtigen, wenn sehr genaue Bestimmungen der Positionen und der Orientierungen von Objekten im Raum, wie beispielsweise von chirurgischen Instrumenten, erfolgen sollen. Es ist nicht möglich, zu genau bei der Bestimmung des tatsächlichen Ortes der Ausstrahlungsvorrichtung zu sein, um so sehr genau die wahre Position und die Ausrichtung des Körpers zu bestimmen, auf dem sich die Ausstrahlungsvorrichtungen befinden. Anders gesagt, das optische Zentrum der Ausstrahlungsvorrichtung muß für die Kamera unabhängig vom Winkel, aus dem die Ausstrahlungsvorrichtung betrachtet wird, am selben relativen Ort erscheinen.

AUFGABEN DER ERFINDUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Es ist somit eine Aufgabe dieser Erfindung, eine montierte Ausstrahlungsvorrichtung elektromagnetischer Strahlung zu schaffen, die einen im wesentlichen konstanten Strahlungsmittelpunkt über einen breiteren Sichtwinkel bietet, als das in der Vergangenheit möglich war.

Eine andere Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, ein verbessertes System für die Bestimmung des Ortes von Punkten im Raum zu liefern, wobei dieses eine bessere Genauigkeit aufweist, als das in der Vergangenheit möglich war.

Andere und zusätzliche Aufgaben werden aus einer Be trachtung dieser gesamten Beschreibung einschließlich ihrer Zeichnungen deutlich.

Gemäß diesen Aufgaben und um die Aufgaben zu erfüllen, besteht ein Aspekt dieser Erfindung in einer neuen elektromagnetischen Ausstrahlungsvorrichtung, die einen scheinbaren Strahlungsmittelpunkt zeigt, der im wesentlichen über einen breiteren Sichtwinkel unbeweglich erscheint, als dies in der Vergangenheit möglich war. Dies wird erreicht, indem die Ausstrahlungsvorrichtung auf eine keramische Stütze montiert wird, die im wesentlichen die elektromagnetische Strahlenergie, die ausgestrahlt wird, nicht reflektiert. Das Nichtreflektieren der keramischen Stütze kann durch eine Stütze erreicht werden, die aus einem Material hergestellt ist, das im wesentlichen vollständig transparent gegenüber der ausgestrahlten elektromagnetischen Strahlung ist. Es kann auch eine Stütze verwendet werden, die aus einem Material hergestellt wird, das die Energie, die von der Ausstrahlungsvorrichtung ausgestrahlt wird, im wesentlichen voll absorbiert. Eine andere Eigenschaft der elektromagnetischen Ausstrahlungsvorrichtung besteht darin, daß die Komponentenanschlüsse nicht über die keramische Stützoberfläche vorstehen. Durch die Verwendung einer solchen keramischen Stütze ohne vorstehende Anschlüsse oder Drähte ist es möglich, eine wesentlich flachere transparente Kuppel zu verwenden, als auch die Störung und die Abschattung durch die vorstehenden Stifte und/oder Drähte zu verhindern oder zu vermindern. Es wird bevorzugt, eine transparente Kuppel in Form eines festen Bogens, vorzugsweise eines halbkuppelförmigen Bogens zu verwenden. Eine sphärische Bogenkuppel basiert auf einem Abschnitt einer Sphäre, die ein Zentrum aufweist, das im wesentlichen mit der Ausstrahlungsvorrichtung zusammenfällt, und einen Durchmesser hat, der im wesentlichen der Länge der geraden Linien von einer Kante der Stütze zur entgegengesetzten Kante der Stütze entspricht, und durch die Ausstrahlungsvorrichtung geht. Alternativ wurde herausgefunden, daß die Verwendung einer flachen Kuppel oder einer Kuppel einer im wesentlichen beliebigen Form, ziemlich zufriedenstellend ist. Wenn eine Kuppel verwendet wird, bei der es sich nicht um eine halbkuppelförmigen Bogen handelt, wird der Strahlungsschip vorzugsweise so dicht wie möglich an der Kuppel angebracht. Dies vermindert ein Wandern des scheinbaren Zentrums der ausgestrahlten Strahlung durch die Brechung.

Im Gegensatz zu einem halbkuppelförmigen Bogen basiert eine Krümmungsbogenkuppel auf einem Abschnitt einer Sphäre, die ein Zentrum hat, das nicht mit der Ausstrahlungsvorrichtung zusammenfällt, und einen Durchmesser, der wesentlich länger ist als die Länge einer geraden Linie, die sich zwischen entgegengesetzten Kanten der Stütze erstreckt und durch die Ausstrahlungsvorrichtung läuft. Der Kuppelkrümmungsbogen ist flacher ausgeführt, indem der Durchmesser der Sphäre, von der der Krümmungsbogen einen Abschnitt darstellt, erhöht wird, und indem das Zentrum der Sphäre weiter von der Kuppel weg bewegt wird. Durch das Abflachen der transparenten Kuppel wird die Größe und insbesondere die Höhe der Ausstrahlungsvorrichtung wesentlich vermindert. Im Extremfall liegt es im Umfang der Erfindung, eine im wesentlichen flache Krone zu verwenden.

Die elektromagnetische Strahlung, die von der Ausstrahlungsvorrichtung ausgestrahlt wird, weist im allgemeinen eine konische Form auf. Innerhalb dieser konischen Strahlung gibt es ein Zentrum der Strahlung, das durch geeignete Strahlungsdetektoren (beispielsweise Kameras) gesehen werden kann. Im Stand der Technik, der Ausstrahlungsvorrichtungen mit höheren Profilen verwendet und der Stützteile verwendet, die mindestens einen Teil der elektromagnetischen Strahlung reflektieren, hat das Zentrum der Strahlung die Tendenz, sich zu bewegen, wenn der Winkel,

unter dem die ausgestrahlte Strahlung betrachtet wird, sich ändert. Somit erscheint das Zentrum der Strahlung an einem Ort, wenn man direkt von oben darauf schaut. Der scheinbare Ort des Zentrums ändert sich dann, wenn die Betrachtungsposition sich von der Position direkt darüber in die horizontale Richtung bewegt.

Die Bedeutung der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß wenn die Ausstrahlungsvorrichtung so konstruiert wird, wie das vorstehend beschrieben wurde, das Zentrum der Strahlung stabiler erscheint, das heißt, es verbleibt im wesentlichen auf demselben Platz im Raum unabhängig vom Winkel, aus dem es betrachtet wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Das Verständnis der Erfindung wird unterstützt durch Bezugnahme auf die Zeichnung:

Fig. 1 ist Unteransicht einer erfindungsgemäßen Leuchtdiode;

Fig. 2 ist eine Seitenansicht der Leuchtdiode der Fig. 1; und

Fig. 3 ist eine Draufsicht auf dieselbe Leuchtdiode.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

In der Zeichnung, in der gleiche Teile die gleichen Bezeichnungen tragen, ist eine nicht reflektierende keramische Stütze 1 auf einem geeigneten Montageflansch 10 angeordnet. Elektrische Drähte 12 und 14 erstrecken sich bis zur Stütze 1. Eine Anodenanschußfläche 2 des Strahlungsschips 5 ist an einer der elektrischen Drähte 12 befestigt. Der andere elektrische Draht 14 ist an der Kathodenanschußfläche 3 des Strahlungsschips 5 mittels eines Verbindungsdrähtes 20 befestigt. Die Anode und die Kathode können eine umgekehrte Position aufweisen. Der Chip ist, wie das bei 5 gezeigt ist, vorzugsweise auf der nicht reflektierende keramischen Stütze 1 optisch zentriert.

Im Stand der Technik werden Bondstifte mit hohem Profil verwendet, um die Anode und die Kathode an der Stütze und an den elektrischen Drähten zu befestigen. Dies machte es erforderlich, daß der transparente Dom eine hohe Kuppel hatte, was bewirkte, daß eine Zerstreuungslinse geschaffen wurde. Dies führt zu einer Überlagerung mit der Integrität des Kegels des Strahlungsmusters. Bei der Gestaltung gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Anschlußstifte mit hohem Profil, die beim Stand der Technik verwendet wurden, nicht verwendet. Vielmehr handelt es sich erfindungsgemäß bei der Anodenverbindung um eine kleine flache Anschlußfläche, geeigneterweise einen Metallfilm, der direkt auf der Oberfläche der Stütze 1 angeordnet ist. Der Strahlungsschip wird direkt mit der Anodenanschußfläche 2 verbunden. Die Kathodenverbindung besteht aus einer ähnlichen Anschlußflächenstruktur, die direkt mit der Oberfläche der Stütze verbunden ist, so daß sich der Verbindungsdrat 20 zwischen der Kathodenanschußfläche und der Kathode in einem flach Bogen niedrigen Profils erstreckt. Diese Struktur gestattet es, die transparenten Kuppel 4, die geeigneterweise aus einem optisch transparenten Epoxidharz gefertigt ist, wobei sie auch aus einem anderen Material gefertigt sein kann, das gegenüber der elektromagnetischen Strahlung, die vom Chip abgestrahlt wird, im wesentlichen transparent ist, in einem Krümmungsbogen mit sehr niedrigem Profil stark abzuflachen. Das niedrige Profil der Kuppel 4, verbunden mit der nicht reflektierenden Beschaffenheit der Stütze 1 und dem niedrigen Profil der Verbindungsstifte, bewirkt, daß der beobachtete scheinbare Strahlungsmittelpunkt bei allen Winkeln, aus denen er betrachtet wird, mit Ausnahme von extremen Winkeln, auf einem im wesentlichen

chen konstanten optischen Platz verbleibt.

Die Stütze ist aus einem nicht reflektierenden Material hergestellt, das in seinen Übertragungs- und Absorptionseigenschaften gemäß der Art der abgestrahlten Strahlung gewählt wird. Wenn es sich bei der abgestrahlten Strahlung um eine Wellenlänge von 880 nm handelt, so wurde herausgefunden, daß ein Keramikwerkstoff, der hauptsächlich Aluminiumoxyd, mindestens ungefähr 94% Aluminiumoxyd aufweist, sowohl beim Absorbieren als auch beim Übertragung aber nicht beim Reflektieren der Strahlung dieser Wellenlänge, sehr wirksam ist. In jedem Fall reflektiert dieses Keramikmaterial keinen wesentlichen Teil der einfallenden Strahlung bei der Wellenlänge von 880 nm. Dies bewirkt eine große Stabilität des scheinbaren Ortes des optischen Zentrums des ausgestrahlten Strahlungskegels. Andere Stützen, insbesondere andere Keramikstützen, zeigen ähnliche nicht reflektierende Eigenschaften bezüglich einer Strahlung mit anderen Wellenlängen, wie das für Fachleute offensichtlich sein wird. In ähnlicher Weise können andere Materialien für die Kuppel, die im wesentlichen gegenüber der speziellen Wellenlänge der Strahlung transparent sind, vorteilhaft verwendet werden.

Gemäß dieser Erfindung wird bevorzugt, daß die verwendete Stütze insgesamt mindestens ungefähr 95% der Strahlung der gewünschten Wellenlänge absorbiert und/oder überträgt. Wo die Empfangseigenschaften des Strahlungsempfängers stark an eine spezielle Wellenlänge der Strahlung geknüpft sind, sollte die Übertragungseigenschaft und die Absorption der Stütze und die Übertragungseigenschaft der Kuppel aus der Perspektive der speziellen abgestrahlten Wellenlänge betrachtet werden. Somit wird es, wenn der Empfänger nur die 880 nm "sieht", keine Rolle spielen, wenn die Stütze Strahlung anderer Wellenlängen reflektiert. Der Empfänger wird diese anderen reflektierten Wellenlängen nicht "sehen", und somit wird das Zentrum der Schlüsselwellenlänge, beispielsweise 880 nm, keine Überlagerung mit der Sicht des wichtigen Zentrums bilden.

Die Struktur und die Zusammensetzung der Komponenten dieser Erfindung haben dazu gedient, die Hintergrundreflexionen der Stütze zu vermindern. Sie haben die sichtbare optische Position des Zentrums der Strahlung vom Diodenchip stabilisiert. Das Weglassen von Montagestiften hohen Profils hat die physikalische Versperrung der Chipstrahlung verhindert, und es hat andere mögliche reflektierenden Oberflächen beseitigt oder zumindest minimiert. Alle diese Attribute wurden kombiniert, um es zu ermöglichen, das Zentrum der Strahlung auf eine weit genauere Art zu lokalisieren. Dies wiederum gestattet eine genauere Bestimmung des Ortes des Sendechips. Da es die Summation der Orte der Sendechips ist, die die Position und Orientierung des Objektes, auf dem diese Chips angeordnet sind, bestimmt, ergibt eine genauere Bestimmung des Ortes des Zentrums der Strahlung von einem Chip eine genauere Bestimmung der Position und der Orientierung des Objektes, auf dem der Chip montiert ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung für das Ausstrahlen elektromagnetischer Strahlung, umfassend:
eine Ausstrahlungsvorrichtung der elektromagnetischen Strahlung;
eine Keramikstütze für diese Ausstrahlungsvorrichtung, wobei das Material der Stütze keine wesentlichen Mengen der ausgestrahlten Strahlung reflektiert;

65

eine Kuppel, die auf dieser Stütze montiert ist und eine Verbindung mit dieser Stütze bildet, wobei die Kuppel im wesentlichen gegenüber der elektromagnetischen

Strahlung transparent ist, und wobei die Kombination der Kuppel und der Stütze einen Raum bilden und einschließen, der die Ausstrahlungsvorrichtung beherbergt;

wobei die Kombination der nicht reflektierenden Stütze und der transparenten Kuppel und der Ort der Ausstrahlungsvorrichtung in dem eingeschlossenen Raum, es der Ausstrahlungsvorrichtung gestattet, die Strahlung in einem Strahl mit im wesentlichen konischer Form auszusenden, wobei der Strahl ein scheinbares Zentrum umfaßt, das im Raum angeordnet ist, der von der Stütze und der Kuppel gebildet wird; und
Drähte, die an der Ausstrahlungsvorrichtung durch die Stütze an Punkten befestigt sind, die nicht weiter vom Mittelpunkt des konischen Strahlungsstrahls als das Zentrum entfernt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Stütze gegenüber der elektromagnetischen Strahlung im wesentlichen transparent ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Stütze die elektromagnetische Strahlung im wesentlichen absorbiert.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kuppel ein im wesentlichen transparentes Epoxidharz umfaßt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung im wesentlichen eine Wellenlänge von 880 nm aufweist und die Stütze hauptsächlich Aluminiumoxyd umfaßt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ausstrahlungsvorrichtung eine Leuchtdiode (LED) ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Stütze mindestens ungefähr 95% der elektromagnetischen Strahlung überträgt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Stütze mindestens ungefähr 95% der elektromagnetischen Strahlung absorbiert.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Drähte an der Ausstrahlungsvorrichtung an Punkten befestigt sind, die entfernt von der Kuppel liegen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei sie weiter Stifte einschließt, die die Ausstrahlungsvorrichtung mit der Stütze verbinden.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei kein wesentlicher Teil der Stifte auf der Seite der Ausstrahlungsvorrichtung, die zur Kuppel gerichtet ist, angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Stifte eine solche Höhe aufweisen, daß sie sich nicht über die Ausstrahlungsvorrichtung in den Raum, der durch die Kuppel gebildet wird, erstrecken.
13. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kuppel die Form einer Halbkugel aufweist, und wobei die Ausstrahlungsvorrichtung im wesentlichen im Zentrum des Kuppelbogens angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Stütze mindestens ungefähr 94 Gewichtsprozent Aluminiumoxyd umfaßt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kuppel im wesentlichen flach ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ausstrahlungsvorrichtung nahe an der Kuppel angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 3

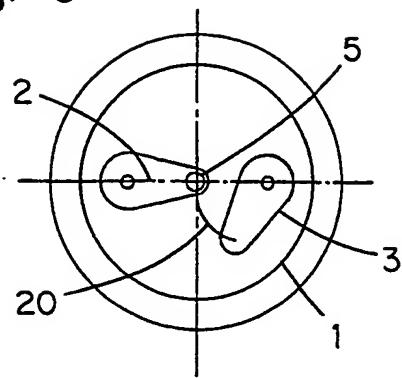


Fig. 2

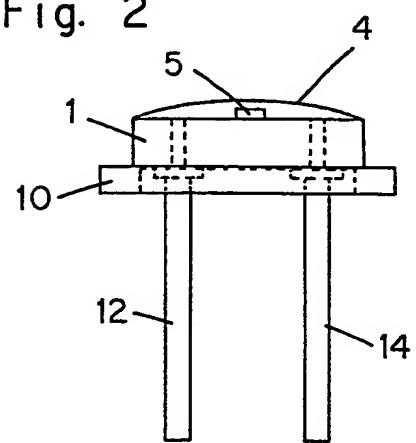


Fig. 1

